

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
2 décembre 2004 (02.12.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/104632 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
G01S 15/89, 7/52

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/IB2004/001890

(22) Date de dépôt international : 13 mai 2004 (13.05.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
03/06366 22 mai 2003 (22.05.2003) FR

(71) Déposant et

(72) Inventeur (pour US seulement) : DORY, Jacques
[PT/PT]; Residencia Arcadas do Parque, Apart. 39 -
Avenue Clotilde, P-2715 Estoril (PT).

(74) Mandataire : De, Saint, Palais, Arnaud; Cabinet
Moutard, 35, rue de la Paroisse, F-78000 Versailles (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,

AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrévia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD FOR SCANNING AND ANALYSING A THREE-DIMENSIONAL STRUCTURE

(54) Titre : PROCEDE POUR L'EXPLORATION ET L'ANALYSE D'UNE STRUCTURE VOLUMIQUE

(57) Abstract: Method for scanning and analysing a three-dimensional structure by suitably processing signals representing waves, particularly ultrasonic waves reflected or transmitted by said three-dimensional structure, which processing involves restoring or analysing the three-dimensional structure on the basis of data read out of a field memory. The method comprises calculating, for each structural point, the field memory positions containing the signals detected by the detection elements, corresponding to the waves reflected or transmitted by said point, and data in the field memory is read out by a decoding curve. The method includes detecting the sign of the detected signals, detecting a useful zone of said decoding curve in which the signals at the same sign, and calculating the position and the point being analysed on the basis of an integration of the amplitude of the signals detected in the useful zone of the decoding curve.

(57) Abrégé : Procédé pour l'exploration et l'analyse d'une structure volumique par un traitement approprié de signaux représentatifs d'ondes, notamment d'ondes ultrasonores réfléchies ou transmises par cette structure volumique, le traitement consistant à reconstituer ou à analyser la structure volumique à partir des informations lues dans une mémoire de champ, dans laquelle sont calculés pour chaque point de structure, les positions de champ contenant les signaux détectés par les éléments de détection, correspondant aux ondes réfléchies ou transmises par ce point, lesquelles informations dans la mémoire de champ sont lues par une courbe de décodage, le procédé comprenant la détection du signe des signaux détectés, la détection d'une zone utile de ladite courbe de décodage dans laquelle les signaux sont de même signe et le calcul de la position du point analysé à partir d'une intégration des amplitudes des signaux détectés dans la zone utile de la courbe de décodage.

WO 2004/104632 A1

5 **PROCEDE POUR L'EXPLORATION ET L'ANALYSE D'UNE
STRUCTURE VOLUMIQUE.**

10 La présente invention concerne un procédé pour l'exploration et l'analyse d'une structure volumique par un traitement approprié de signaux représentatifs d'ondes, notamment d'ondes ultrasonores réfléchies ou transmises par cette structure volumique.

15 Elle s'applique notamment, mais non exclusivement, à la réalisation d'appareils tels que des échographes, des appareils de contrôle non destructif d'objets, des sonars ou même des radars.

Les appareils classiques de ce genre font habituellement intervenir des moyens
20 d'émission qui émettent une onde incidente dans le milieu à examiner et des moyens de réception utilisant éventuellement tout ou partie des moyens d'émission qui reçoivent les ondes réfléchies par les obstacles rencontrés par l'onde incidente. Des moyens sont en outre prévus pour traiter les signaux
25 reçus par les moyens de réception et les présenter sous une forme exploitable par l'utilisateur, par exemple sous la forme d'une image permettant de localiser la position des obstacles engendrant des réflexions de l'onde incidente.

La méthode la plus courante consiste à utiliser des ondes impulsionnaires
selon un processus consistant à transmettre une impulsion d'ondes ultrasonores
30 dans une direction donnée, à détecter le retour des échos, à mesurer le temps écoulé entre l'émission et la réception et à en déduire la distance, compte tenu

de la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore, et donc la position de l'obstacle qui a engendré chaque écho. Ce processus est ensuite répété dans différentes directions, selon une loi de balayage prédéterminé. Il devient ensuite possible de réaliser des images mettant en évidence les obstacles
5 détectés par les échos, dont on connaît la position.

Dans le but d'éviter les inconvénients des appareils utilisant un mode de traitement séquentiel (exploration ligne par ligne), on a proposé d'émettre dans la structure volumique à explorer une onde sensiblement plane, de section
10 relativement importante engendrée par une sonde constituée d'un réseau comprenant une pluralité d'éléments émission/réception de faibles dimensions, de préférence inférieure à la longueur d'onde ultrasonore, de façon à posséder un très large diagramme de rayonnement, ces éléments étant attaqués
15 simultanément en parallèle. A la réception, chaque élément émission/réception fonctionne de façon indépendante et reçoit donc séparément les ondes réfléchies par les obstacles interceptant le faisceau d'ondes ultrasonores qui se trouve dans sa zone de réception. Après numérisation, les informations
20 délivrées par ces éléments émission/réception (champ d'ondes réfléchies) sont mémorisées dans des mémoires dont la lecture s'effectue en sens inverse de l'écriture.

Le brevet US-A-4 817 434 décrit un dispositif comprenant un générateur d'adresses par élément récepteur de la sonde, qui fournit l'adresse à lire dans une mémoire de champ correspondant au point image à reconstituer. Toutefois
25 ce dispositif ne permet qu'une cadence de reconstitution d'image relativement faible.

Dans le but de supprimer cet inconvénient, le Demandeur s'est basé sur la constatation que dans un processus tel que celui précédemment décrit, chaque
30 point de l'objet à explorer donne naissance à une onde qui se trouve mémorisée à des adresses d'une mémoire de champ réparties sous la forme

d'un arc de courbe, pseudo-hyperbolique, dont les caractéristiques dépendent de la position du point par rapport à la sonde et du diagramme de rayonnement de chaque élément (cette pseudo-hyperbole se réduisant théoriquement aux deux asymptotes pour les points situés contre la sonde).

5

Il a mis au point un procédé comprenant les étapes suivantes :

- l'émission dans ladite structure d'une onde incidente,
- la réception des ondes réfléchies ou transmises par les obstacles rencontrés par l'onde incidente à l'intérieur de ladite structure, par une pluralité
10 d'éléments de détection indépendants les uns des autres,
- la mémorisation, après numérisation, des signaux délivrés par les éléments de détection dans une mémoire de champ comprenant une ligne respective par élément de détection, et
- la reconstitution et/ou l'analyse de la structure volumique à partir des
15 informations lues dans la mémoire de champ, dans laquelle sont calculées pour chaque point de la structure, les positions de la mémoire de champ contenant les signaux détectés par les éléments de détection, correspondant aux ondes réfléchies ou transmises par ce point, ces positions étant calculées à l'aide d'une loi d'adressage dont les paramètres dépendent de la
20 position de ce point par rapport aux éléments de détection, et dans laquelle pour chaque point, les lignes de la mémoire de champ sont lues aux positions respectives calculées au préalable pour ce point et stockées dans des mémoires d'adressage respectivement associées auxdites lignes de la mémoire de champ.

25

Un calcul est alors appliqué aux informations lues pour ce point afin d'obtenir un résultat représentatif de l'importance de l'onde réfléchie ou transmise par ce point, lors de ce calcul, toutes les lignes de la mémoire de champ étant lues en parallèle pour chaque point aux positions indiquées pour ce point
30 respectivement par les mémoires d'adressage associées, le calcul du résultat

étant ensuite appliqué à toutes les valeurs lues dans la mémoire de champ, ce résultat étant ensuite traité ou mémorisé dans une mémoire spécifique.

Ce procédé décrit dans les brevets EP 0 825 453 B 1 et EP 0 872 742 B 1
5 déposés au nom du Demandeur, permet d'obtenir des performances remarquables en termes :

- de vitesse d'examen et par conséquent autorise l'analyse de pièces de grandes dimensions,
- de résolution spatiale compte tenu de la grande ouverture de rayonnement,
- 10 - de reproductibilité puisque le champ ultrasonore est émis par une onde plane.

Néanmoins, l'expérience montre que dans certaines applications, des contraintes limitent les performances du procédé, en particulier, la vitesse de
15 traitement.

La très haute résolution spatiale obtenue avec ledit procédé conduit à des images très fines et si l'on veut conserver la finesse des détails, et notamment mesurer avec précision l'amplitude des signaux réfléchis, la trame d'analyse
20 doit être très serrée, et par voie de conséquence, le nombre de points à calculer est élevé, ce qui ralentit la vitesse de traitement d'une manière excessive.

En d'autres termes, l'amplitude maximale de l'écho peut ne pas être détecté dans la trame d'analyse s'il se situe entre deux pas d'analyse ; cette erreur peut être rédhibitoire s'il s'avère nécessaire de mesurer l'importance de l'obstacle
25 avec une grande précision. On peut être conduit, en fonction de la précision demandée, à utiliser un pas d'analyse plus petit, donc un nombre de points calculés plus important, ce qui augmente le temps de calcul, et diminue la vitesse de contrôle.

30 Il s'avère que dans le procédé décrit dans les brevets EP 0 825 453 B 1 et EP 0 872 742 B 1 déposés au nom du Demandeur, le pas d'analyse est

indépendant du nombre de voies électroniques ; il est souhaitable que le pas d'analyse soit un multiple ou un sous-multiple entier du pas inter éléments de détection ; ainsi, dans le cas d'une sonde comportant 32 éléments de détection, espacés de 0,8 mm, associés à 32 voies électroniques, le pas d'analyse pourra
5 être égal à 1,6 mm, 3,2 mm, 4,8 mm, 6,4 mm, etc...

A titre d'exemple, on peut considérer le cas de sondage d'une plaque métallique d'épaisseur 120 mm par une sonde de 64 éléments au pas de 1 mm et une fréquence d'échantillonnage du signal détecté de 60 MHz.

10

La vitesse du son dans le matériau à sonder est de 6000 m/s ; le temps de parcours, aller et retour, est de 40 μ s.

Sachant que le pas d'analyse du signal détecté est fixé à la période d'échantillonnage et compte tenu du nombre de lignes horizontales équivalent
15 au nombre d'éléments de la sonde, le nombre de points analysés est de 40 x 60 x 64, soit 153 600.

Le temps total de traitement est de 153 600/60 soit 2560 μ s, soit une cadence
20 de 390 Hz.

Il s'avère que la résolution latérale à 3 dB du procédé, à faible profondeur, est de l'ordre de 0,25 mm et que le pas d'analyse adopté dans ledit exemple de 1 mm, peut entraîner des erreurs supérieures à 10 dB sur l'amplitude mesurée ;
25 cet écart est inacceptable dans la plupart des cas.

Il est donc nécessaire de réduire le pas d'analyse d'un facteur 4, la cadence de traitement se situe en deçà de 100 Hz ; cette cadence peut devenir incompatible avec la vitesse de contrôle exigée de pièces de grandes
30 dimensions.

L'invention a donc plus particulièrement pour but de supprimer ces inconvénients grâce à un procédé permettant d'augmenter la vitesse de traitement sans sacrifier les autres performances, en modifiant les paramètres de traitement en fonction de la situation de la zone traitée de la mémoire de champ et d'optimiser la vitesse et/ou la précision de ce traitement.

L'optimisation de la résolution et du temps de traitement repose sur le décodage des informations lues dans la mémoire de champ ; ainsi, la courbe dite "de décodage" est la courbe de lecture des valeurs lues dans la mémoire de champ ; les positions de la mémoire de champ sont calculées à l'aide d'une loi d'adressage dont les paramètres dépendent de la position du point à analyser par rapport aux éléments de détection.

La courbe, dite "inscrite", correspond aux signaux détectés par les éléments de détection qui correspondent aux ondes réfléchies ou transmises par le point ou l'obstacle à analyser.

La présente invention se base sur la constatation que, dans un processus tel que celui décrit précédemment, lorsque la courbe de décodage ne coïncide pas exactement avec la courbe inscrite dans la mémoire de champ, la courbe de décodage peut détecter successivement des signaux positifs et négatifs.

En conséquence, elle propose un procédé pour l'exploration et l'analyse d'une structure volumique, à partir des informations lues dans la mémoire de champ par une courbe de décodage, ce procédé comprenant la détection du signe des signaux détectés, la détection d'une zone utile de ladite courbe de décodage dans laquelle les signaux sont de même signe et le calcul de la position du point analysé à partir d'une intégration des amplitudes des signaux détectés dans ladite zone utile de ladite courbe de décodage.

30

D'une façon plus précise, ce procédé pourra comprendre :

- la détection des signaux positifs et négatifs,
- la détection du centre de ladite courbe de décodage,
- la mémorisation du signe des signaux au centre de la courbe de décodage,
- la détection d'une zone utile de la courbe de décodage dans laquelle les
5 signaux sont de même signe,
- la sommation des signaux de même signe dans la zone utile de la courbe de décodage,
- la division de ladite somme par le nombre de signaux analysés de même
signe ou par une valeur constante prédéterminée correspondant à
10 l'ouverture totale de la courbe de décodage,
- la mémorisation du résultat obtenu pour le point analysé de la structure
volumique.

Optionnellement, le procédé selon l'invention pourra mettre en œuvre, à partir
15 des informations lues dans une trame d'analyse et au cours de la phase de
mémorisation dans la mémoire de champ :

- l'utilisation d'un pas horizontal variable en fonction de la profondeur
d'analyse, et/ou
- la modification du pas horizontal au voisinage de l'obstacle, et/ou
20 - le traitement des signaux détectés préalablement à la phase de
mémorisation.

Un mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention sera décrit ci-après, à
titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins associés dans lesquels :

25

La figure 1 représente les signaux détectés sur la courbe de décodage et
le contenu de la mémoire de champ de part et d'autre de la courbe de
décodage, dans le cas de la coïncidence de la courbe de décodage avec
la courbe inscrite ;

30

La figure 2 représente les signaux détectés sur la courbe de décodage et le contenu de la mémoire de champ de part et d'autre de la courbe de décodage, dans le cas de la non coïncidence de la courbe de décodage avec la courbe inscrite ;

5

La figure 3 représente le résultat du décodage avec la prise en compte des signaux positifs et négatifs détectés sur la courbe de décodage ;

La figure 4 représente le résultat du décodage avec la prise en compte uniquement des signaux positifs détectés sur la courbe de décodage ;

10

La figure 5 représente une courbe théorique de l'image d'un obstacle dans une trame d'analyse sans aucun dispositif de correction ;

La figure 6 représente l'enveloppe d'un signal numérisé en fonction du temps, lue suivant une ligne de champ mémorisé, avant traitement ;

15

La figure 7 représente l'enveloppe d'un signal numérisé en fonction du temps, lue suivant une ligne de champ mémorisé, après traitement ;

20

La figure 8 représente un dispositif de traitement du signal numérisé, lu suivant une ligne de champ mémorisé, dont les résultats sont illustrés par les figures 6 et 7.

25 Dans un premier exemple illustré par les figures 1 à 4, l'étape d'optimisation de la résolution spatiale, à partir des informations lues dans la mémoire de champ, comprend l'évaluation de l'écart horizontal entre la courbe de décodage et la courbe inscrite, et à corriger l'amplitude des signaux mesurés en fonction de cet écart ; ainsi, lorsque la courbe de décodage ne coïncide pas
30 exactement avec la courbe inscrite, la courbe de décodage peut détecter

successivement des signaux positifs et négatifs, la somme de ces dits signaux positifs et négatifs tendant vers 0.

Réciproquement, lorsque la courbe de décodage coïncide exactement avec la
5 courbe inscrite, la courbe de décodage détecte des signaux de même polarité.

Ainsi, dans l'exemple représenté sur la figure 1, le contenu de la mémoire de champ est représenté par les amplitudes des signaux détectés et mémorisés M11, M12, M13, M14 ; la courbe de décodage CD1 coïncide presque
10 exactement avec une courbe inscrite représentée par les signaux détectés et mémorisés M13 dans la mémoire de champ ; ainsi, les amplitudes des signaux lus dans la mémoire de champ, représentés par M10 sont tous de même signe.

Réciproquement, dans l'exemple représenté sur la figure 2, le contenu de la
15 mémoire de champ est représenté par les amplitudes des signaux détectés et mémorisés M21, M22, M23, M24 ; la courbe de décodage CD2 ne coïncide avec aucune courbe inscrite représentée par les signaux détectés et mémorisés dans la mémoire de champ ; la courbe de décodage est décentrée et traverse successivement plusieurs courbes inscrites ; ainsi, les amplitudes des signaux
20 lus dans la mémoire de champ, représentés par M20 sont tantôt positifs, tantôt négatifs.

Soit S+ le nombres de valeurs positives, S- le nombre des valeurs négatives et SM le nombre total des valeurs positives et négatives sur une courbe de
25 décodage ; par conséquent $SM = (S+) + (S-)$.

En supposant (cas théorique) que toutes les valeurs positives et négatives sont de même amplitude A, l'amplitude détectée, après sommation, est : $A0 = SM \times A$.

Dans le cas où la courbe de décodage ne coïncide pas avec la courbe inscrite, l'amplitude détectée, après sommation, devient :

$A_0 = A \times (S^+) - A \times (S^-)$; ce qui peut s'écrire :

$A_0 = A \times K$, avec $K = SM - 2 \times (S^-)$

5

Le facteur K dépend de la différence entre les points de signes opposés ; il sera égal à SM lorsque toutes les valeurs sont de même signe, et égal à zéro lorsqu'il y a autant de valeurs positives que de valeurs négatives.

10 Il faut noter que le facteur K n'est pas constant du fait que les valeurs inscrites varient en fonction de leur position horizontale sur la courbe inscrite ; en effet la directivité des obstacles réfléchissants provoque un maximum du signal détecté dans l'axe de visée de l'obstacle, et par conséquent un signal détecté plus faible sur la périphérie autour de l'axe de visée.

15

Ainsi, le facteur K doit être remplacé par une fonction $f(k)$; cette fonction peut être déterminée théoriquement ou expérimentalement en déplaçant la sonde devant un obstacle connu et en mesurant pour chaque position de ladite sonde, l'amplitude du signal réfléchi et la valeur du facteur K correspondante.

20

Dans l'exemple représenté sur la figure 3, la coïncidence entre la courbe de décodage CD3 et les courbes inscrites M31, M32, M33, M34, n'est pas réalisée ; en effet les signaux M30 changent de signe en s'écartant du centre de la courbe de décodage, et le nombre de signaux de même signe à partir du
25 centre est d'autant plus faible que le décalage est grand, de sorte que la somme des amplitudes décroît très rapidement.

La valeur exacte de l'amplitude A peut alors être obtenue simplement en divisant A_0 par K. Ce procédé a l'avantage de pouvoir être réalisé de façon
30 très simple, puisqu'il suffit de faire des additions sur le bit de signe du signal mémorisé.

Un procédé très voisin, basé sur le même principe, mais dont la réalisation est légèrement plus complexe, peut être utilisé pour effectuer cette correction et réduire également les variations d'amplitude en fonction de la position des courbes de décodage par rapport aux courbes inscrites.

En effet, si on additionne uniquement les signaux de même signe autour de la partie centrale, et si on divise cette somme par le nombre de signaux de même signe autour de cette partie centrale, on obtient une valeur très voisine S_3 , sinon égale à celle de l'amplitude détectée en cas de coïncidence parfaite entre la courbe de décodage et la courbe inscrite.

Ce processus peut être effectué d'une manière séquentielle, en mémorisant le signe du signal au centre de la courbe de décodage, puis en effectuant une analyse de part et d'autre du centre, laquelle analyse est arrêtée en cas de détection de changement de signe du signal détecté ; ainsi, l'analyse consiste à effectuer la somme des signaux détectés divisée par le nombre de signaux analysés de même signe ; cette valeur est mémorisée pour le point considéré ; l'opération est ensuite effectuée de la même manière pour les autres points à analyser, ce traitement peut être également effectué en parallèle par des circuits logiques.

Par ailleurs, ce procédé amplifie de façon excessive des signaux correspondant à du bruit ou à des signaux réfléchis par des obstacles situés loin du point à analyser, et l'image résultante risque d'être confuse.

Pour éviter cet inconvénient, on considère qu'en dessous d'un certain nombre de signaux de même signe détectés à partir du centre, il ne s'agit plus d'un défaut, mais d'un bruit de fond, et la somme des ces signaux n'est plus alors divisée par leur nombre, mais par une valeur constante, en général celle correspondant à l'ouverture totale de la courbe de décodage.

Dans l'exemple représenté sur la figure 4, la coïncidence entre la courbe de décodage CD4 et les courbes inscrites M41, M42, M43, M44, n'est pas réalisée ; dans le cas présent, seules les valeurs centrales de même signe ont été prises en compte ; la courbe résultante S4 présente une amplitude voisine de celle de la courbe résultante S3 et reste constante le long d'un déplacement horizontal plus important de part et d'autre du centre de la courbe de décodage. Ainsi, la précision sur l'amplitude du signal détecté est plus importante tout en adoptant un pas d'analyse plus grand.

10

Les différents processus susmentionnés contribuent à l'optimisation de la résolution spatiale, à partir des informations lues dans la mémoire de champ ; l'association éventuelle de processus permettant l'augmentation de la vitesse de traitement des signaux dans la trame d'analyse contribue à l'amélioration des performances du procédé décrit dans les brevets EP 0 825 453 B 1 et EP 0 872 742 B 1 déposés au nom du Demandeur, notamment dans l'analyse de pièces de grandes dimensions à cadence élevée.

Dans cet exemple, selon l'invention, l'étape d'optimisation du temps de traitement, à partir des informations lues dans la trame d'analyse et au cours de la phase de mémorisation dans la mémoire de champ, comprend en premier lieu l'utilisation d'un pas horizontal variable en fonction de la profondeur d'analyse.

En effet, la résolution horizontale est fonction de la profondeur de l'obstacle ; à titre d'exemple, une résolution de 0,25 mm à 3 mm de profondeur deviendra de 1 mm à 30 mm de profondeur.

Il est donc envisageable d'adopter un pas horizontal variable en fonction de la profondeur, ledit pas étant défini par la résolution acoustique à cette profondeur ; ainsi, connaissant la profondeur des points à analyser, le pas

d'analyse sera préalablement mémorisé et permettra un gain en temps d'analyse de la structure voisin de 2 à 3.

L'étape d'optimisation du temps de traitement, à partir des informations lues
5 dans la trame d'analyse et au cours de la phase de mémorisation dans la mémoire de champ, comprend en second lieu la modification du pas horizontal au voisinage de l'obstacle.

En effet, la détection de tous les signaux dont l'amplitude est supérieure au
10 bruit, avec un pas d'analyse important, permet la localisation approximative de ces dits signaux ; une détection plus fine est ensuite effectuée dans la zone contenant chacun de ces dits signaux.

Dans l'exemple représenté sur la figure 5, un signal S représente une courbe
15 théorique de l'image d'un obstacle dans une trame d'analyse. Ledit signal S est caractérisé par une amplitude maximale V_M et un niveau de bruit d'amplitude maximale V_B , ladite courbe théorique étant obtenue avec un pas d'analyse voisin de zéro.

20 Soit V_A le niveau d'analyse, inférieur à l'amplitude V_M , considéré comme étant le seuil de détection des signaux à analyser ; une erreur de détection inférieure à $\Delta = V_M - V_A$, impose un pas d'analyse inférieur à P_1 , définit par l'intersection de la courbe S et du niveau d'analyse V_A .

25 De la même manière, pour détecter des signaux d'amplitude supérieure au niveau du bruit, le pas d'analyse sera nettement plus important, équivalent à P_2 , définit par l'intersection de la courbe S et du niveau de bruit d'amplitude maximale V_B .

30 Ainsi, la détection des signaux sera effectuée avec un pas d'analyse P_2 , définit comme étant le pas correspondant au seuil de détection situé au-dessus du

niveau du bruit, permettant d'effectuer la recherche de signaux dont l'amplitude est supérieure au niveau d'analyse V_A .

Lorsqu'un obstacle est détecté à une certaine abscisse x_p , l'analyse de cet
5 obstacle consiste à reprendre la détection dudit obstacle, à partir de l'abscisse $x_p - P_2$ avec un pas d'analyse P_1 . Ladite analyse est terminée au voisinage de l'obstacle, quand le signal détecté est inférieur au niveau de bruit V_B et l'abscisse supérieure à x_p .

10 Il est donc envisageable d'adopter un pas horizontal variable en fonction des obstacles rencontrés, ledit pas étant relativement grand, permettant des cadences élevées ; ainsi, ayant détecté un obstacle à analyser, le pas d'analyse sera réduit dans la zone de détection dudit obstacle ; le temps de traitement n'est pratiquement pas affecté par l'analyse à pas réduit en regard du gain de
15 temps apporté par un pas initial élevé.

L'étape d'optimisation du temps de traitement, à partir des informations lues dans la trame d'analyse et au cours de la phase de mémorisation dans la mémoire de champ, comprend en troisième lieu le traitement des signaux
20 détectés.

En effet, dans chaque ligne de champ de la mémoire de champ sont mémorisés des signaux réfléchis ou transmis par un obstacle, sous forme échantillonnée ; ainsi, l'amplitude des échantillons représente l'enveloppe desdits signaux
25 détectés ; la fréquence d'échantillonnage est supérieure à la fréquence des signaux détectés de manière à détecter les extremums desdits signaux.

Dans l'exemple représenté sur la figure 6, la période d'échantillonnage du signal détecté est environ dix fois plus faible que la période dudit signal
30 détecté.

Le traitement du signal échantillonné consiste à détecter les extremums dudit signal échantillonné, à mémoriser les échantillons d'amplitude correspondante durant une demi période du signal détecté, et à mémoriser dans la ligne de champ de la mémoire de champ, non pas la totalité des échantillons dudit
5 signal échantillonné, mais uniquement les échantillons d'amplitude correspondant aux extremums.

Dans l'exemple représenté sur la figure 7, le signal échantillonné est constitué des extremums du signal d'origine, représenté sur la figure 6 ; ainsi, le pas
10 d'analyse du signal traité peut atteindre la demi période du signal d'origine, tout en conservant la précision requise sur l'amplitude des signaux détectés.

Le susmentionné traitement peut être effectué sous forme logicielle ou sous forme matérielle ; dans l'exemple représenté sur la figure 8, le traitement est
15 effectué par des moyens matériels.

Un bloc horloge H délivre un signal d'horloge S_H qui est appliqué d'une part à un bloc registre à décalage RD à deux étages, et d'autre part à un bloc mémoire principale M_2 ; le signal d'origine S, échantillonné à la fréquence
20 dudit signal horloge S_H , est appliqué d'une part à l'entrée du bloc registre à décalage RD, et d'autre part à l'entrée d'une mémoire tampon M_1 .

Le bloc registre à décalage RD délivre des signaux S_N et S_{N+1} correspondant à deux échantillons successifs dudit signal S ; les susdits signaux S_N et S_{N+1} sont
25 appliqués aux deux entrées d'un comparateur C dont les deux sorties basculent de l'état 1 à l'état 0 suivant que l'échantillon N est plus grand ou plus petit que l'échantillon N+1 ; le basculement 1 vers 0 correspond à un extremum du signal S.

Ledit basculement commande un circuit de détection D qui commande la mémorisation du signal S dans ladite mémoire tampon M_1 . La sortie de la mémoire M_1 est ensuite appliquée à l'entrée de la mémoire principale M_2 .

- 5 Ainsi, la mémoire principale M_2 contient les valeurs des extremums à chaque demi période du signal d'origine S.

L'ensemble des processus susmentionnés d'optimisation de la résolution spatiale, à partir des informations lues dans la mémoire de champ, et
10 d'optimisation du temps de traitement des signaux détectés peuvent être appliqués séparément ou d'une manière combinée ; ils concourent ainsi à permettre d'accroître la vitesse de traitement des signaux détectés tout en conservant une très haute résolution spatiale, et de permettre une analyse tridimensionnelle des structures volumiques à cadence élevée.

Revendications

1. Procédé pour l'exploration et l'analyse d'une structure volumique par un traitement approprié de signaux représentatifs d'ondes, notamment d'ondes
5 ultrasonores réfléchies ou transmises par cette structure volumique, ledit traitement consistant à reconstituer ou à analyser la structure volumique à partir des informations lues dans une mémoire de champ, dans laquelle sont calculés pour chaque point de structure, les positions de la mémoire de champ contenant les signaux détectés par les éléments de détection, correspondant
10 aux ondes réfléchies ou transmises par ce point, lesquelles informations dans la mémoire de champ sont lues par une courbe de décodage, caractérisé en ce qu'il comprend la détection du signe des signaux détectés, la détection d'une zone utile de ladite courbe de décodage dans laquelle les signaux sont de même signe et le calcul de la position du point analysé à partir
15 d'une intégration des amplitudes des signaux détectés dans ladite zone utile de ladite courbe de décodage.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il met en œuvre :

20 - la détection des signaux positifs et négatifs,
- la détection du centre de ladite courbe de décodage,
- la mémorisation du signe desdits signaux au centre de la courbe de décodage,
- la détection d'une zone utile de la courbe de décodage dans laquelle les
25 signaux sont de même signe,
- la sommation desdits signaux de même signe dans la zone utile de la courbe de décodage,
- la division de ladite somme par le nombre de signaux analysés de même signe ou par une valeur constante prédéterminée correspondant à
30 l'ouverture totale de la courbe de décodage,

- la mémorisation du résultat obtenu pour le point analysé de la structure volumique.

3. Procédé selon la revendication 1,
5 caractérisé en ce qu'il comprend, à partir des informations lues dans une trame d'analyse et au cours de la phase de mémorisation dans la mémoire de champ :
- l'utilisation d'un pas horizontal variable en fonction de la profondeur, et/ou
- la modification du pas horizontal au voisinage de l'obstacle détecté, et/ou
- le traitement des signaux détectés préalablement à la phase de
10 mémorisation.

4. Procédé selon la revendication 3,
caractérisé en ce que l'utilisation d'un pas horizontal variable en fonction de la
profondeur comprend la mesure de la résolution spatiale en fonction de la
15 profondeur et la mémorisation de ladite résolution.

5. Procédé selon la revendication 3,
caractérisé en ce que la modification du pas horizontal au voisinage de
l'obstacle comprend une détection de tous les signaux dont l'amplitude est
20 supérieure au bruit, une localisation desdits signaux détectés, et une détection
plus fine dans la zone contenant chacun desdits signaux détectés.

6. Procédé selon la revendication 3,
caractérisé en ce que le traitement des signaux détectés préalablement à la
25 phase de mémorisation comprend la détection des extremums desdits signaux
échantillonnés, la mémorisation des échantillons d'amplitude correspondante
durant une demi période desdits signaux détectés, et la mémorisation dans la
ligne de champ de la mémoire de champ des échantillons d'amplitude
correspondant aux extremums.

1/4

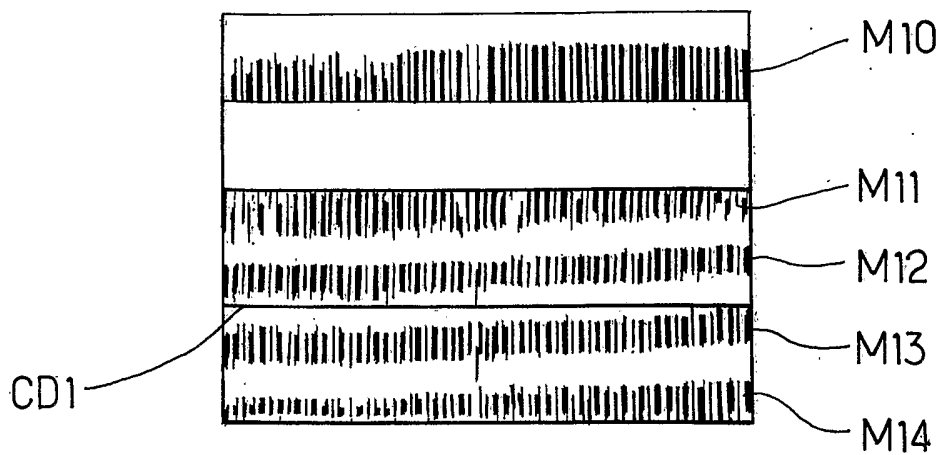


FIG. 1

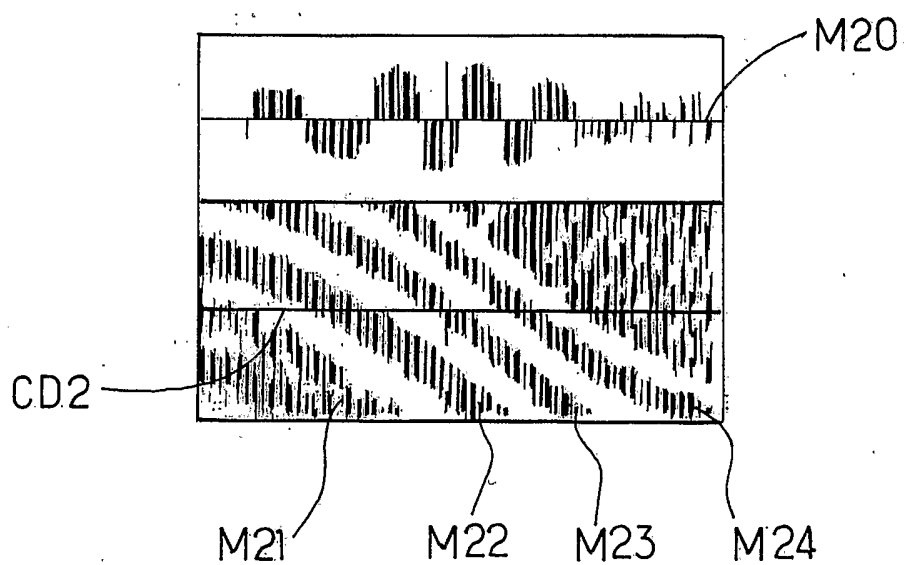


FIG. 2

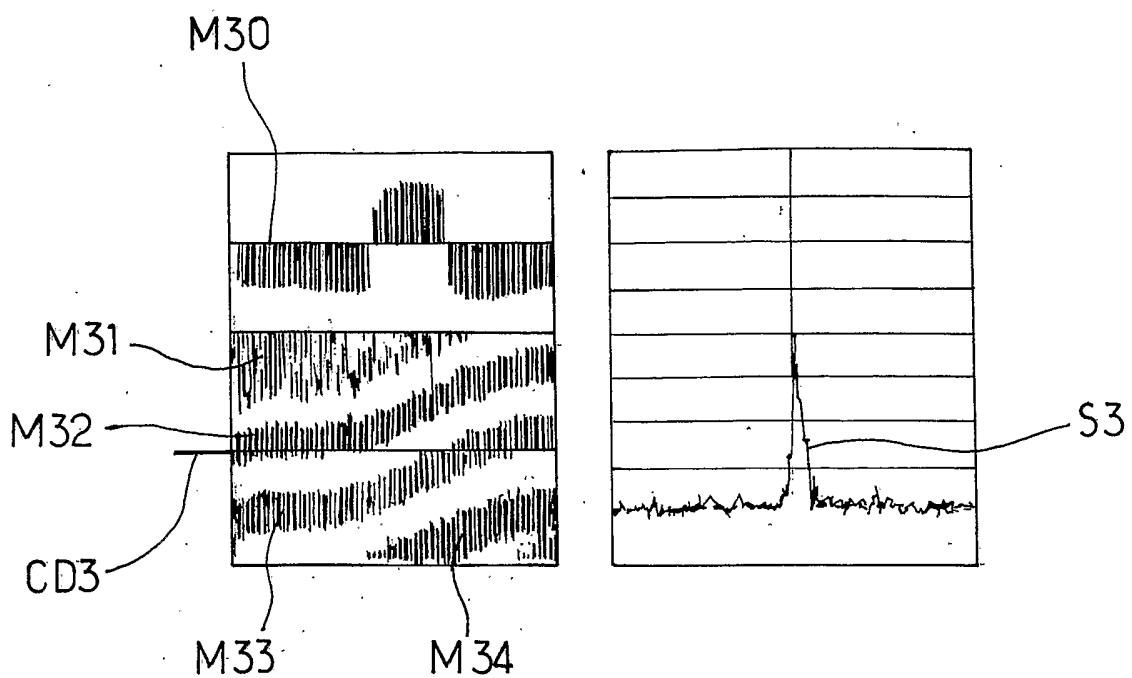


FIG. 3

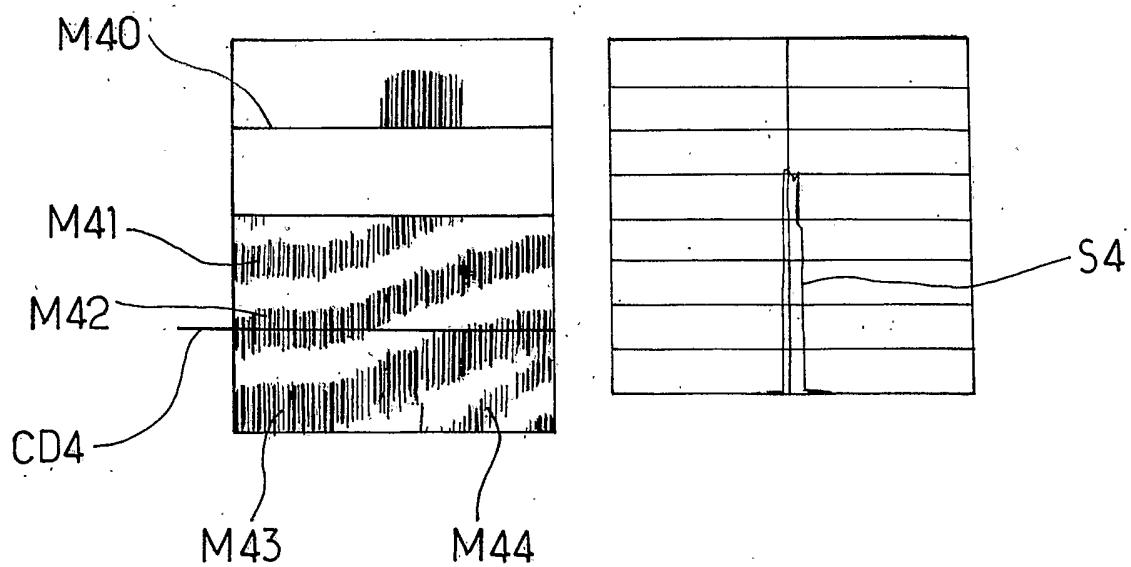


FIG. 4

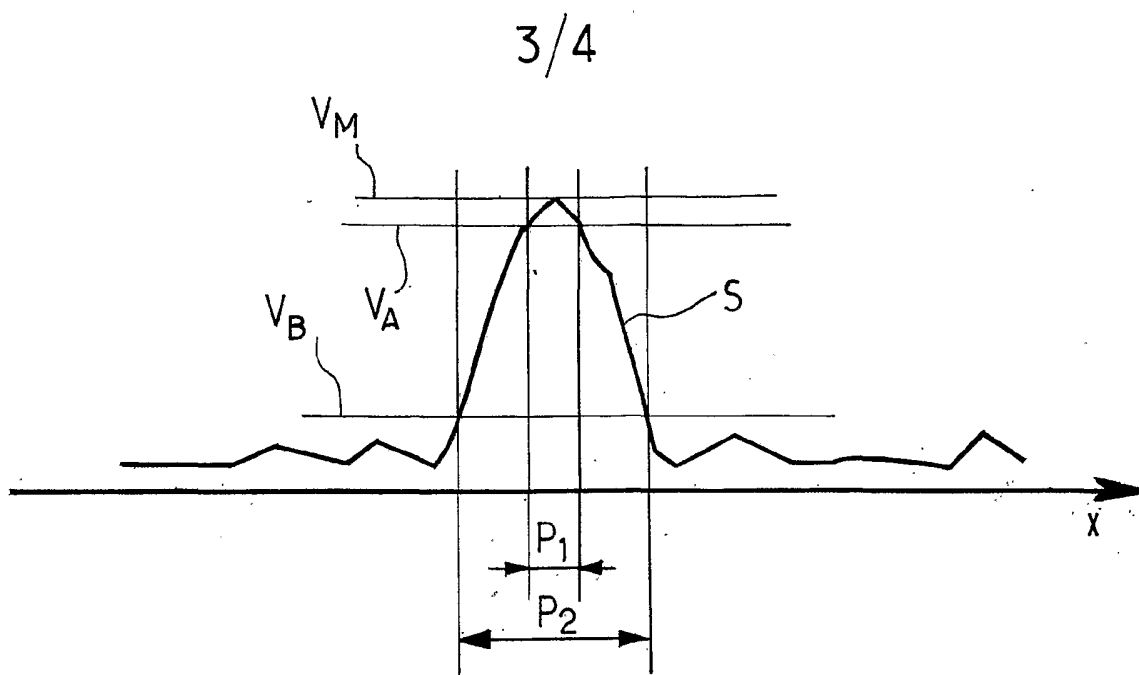


FIG. 5

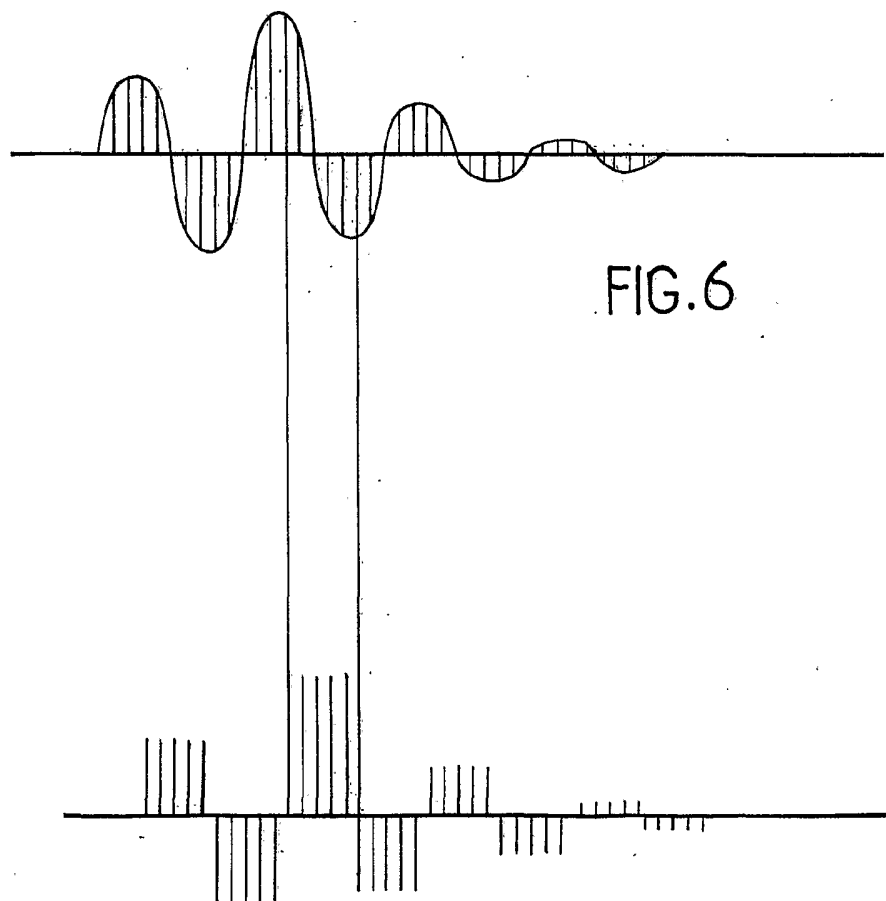


FIG. 6

FIG. 7

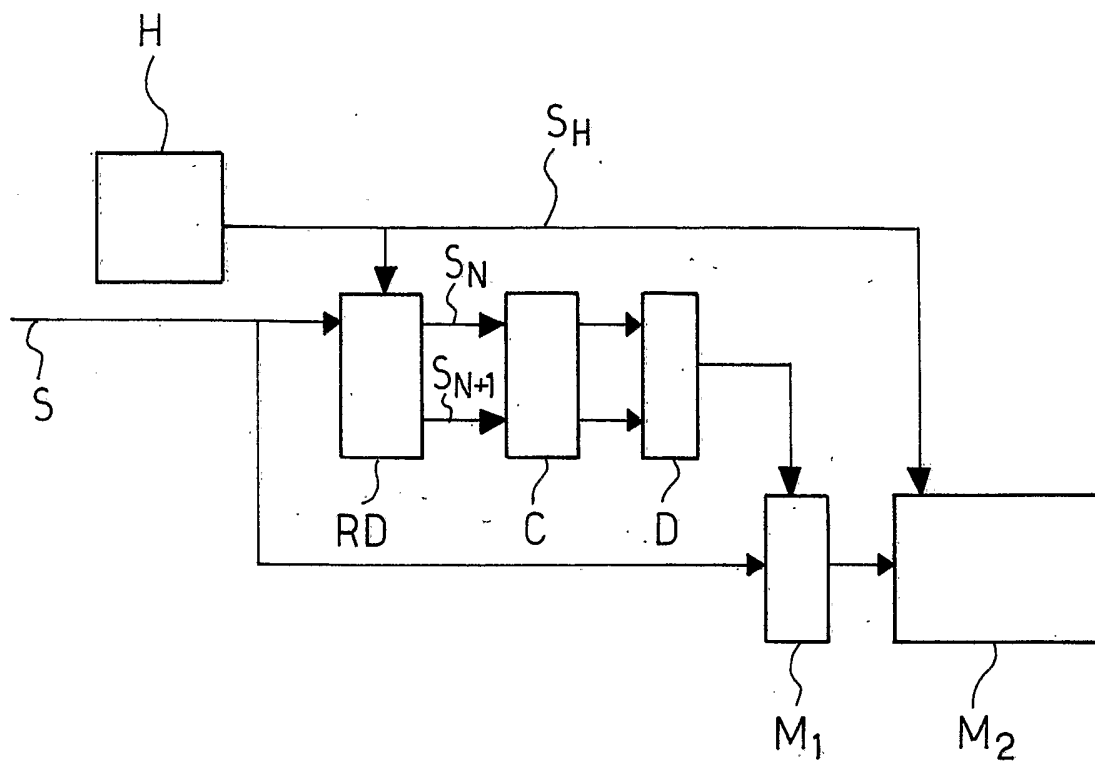


FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern	Application No
PCT/IB2004/001890	

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G01S15/89 G01S7/52

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 872 742 A (DORY JACQUES) 21 October 1998 (1998-10-21) cited in the application page 6, line 51 - page 7, line 56; claims 1-4	1,2
Y	EP 0 825 453 A (DORY JACQUES) 25 February 1998 (1998-02-25) cited in the application column 7, line 47 - column 8, line 2; figure 1	1,2
A	WO 03/029808 A (SOCOMATE INTERNAT ;COPERET PHILIPPE (FR)) 10 April 2003 (2003-04-10) the whole document	1
A	US 4 817 434 A (ANDERSON FORREST) 4 April 1989 (1989-04-04) the whole document	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

16 August 2004

23/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mercier, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern: Application No
PCT/IB2004/001890

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date			
EP 0872742	A	21-10-1998	FR	2762392 A1	23-10-1998			
			CA	2234465 A1	18-10-1998			
			CN	1199862 A	25-11-1998			
			DE	69801181 D1	30-08-2001			
			DE	69801181 T2	14-03-2002			
			EP	0872742 A1	21-10-1998			
			ES	2161019 T3	16-11-2001			
			JP	10332648 A	18-12-1998			
			US	6028547 A	22-02-2000			

			EP 0825453	A	25-02-1998	FR	2752461 A1	20-02-1998
AT	203833 T	15-08-2001						
CA	2211419 A1	14-02-1998						
CN	1176386 A	18-03-1998						
DE	69705900 D1	06-09-2001						
DE	69705900 T2	04-04-2002						
EP	0825453 A1	25-02-1998						
ES	2162213 T3	16-12-2001						
JP	10123109 A	15-05-1998						
RU	2178880 C2	27-01-2002						
US	6023660 A	08-02-2000						

WO 03029808	A	10-04-2003	FR	2830328 A1	04-04-2003			
			EP	1430299 A1	23-06-2004			
			WO	03029808 A1	10-04-2003			

US 4817434	A	04-04-1989	US	4688430 A	25-08-1987			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demar internationale No
PCT/IB2004/001890

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01S15/89 G01S7/52

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 G01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP 0 872 742 A (DORY JACQUES) 21 octobre 1998 (1998-10-21) cité dans la demande page 6, ligne 51 - page 7, ligne 56; revendications 1-4	1,2
Y	EP 0 825 453 A (DORY JACQUES) 25 février 1998 (1998-02-25) cité dans la demande colonne 7, ligne 47 - colonne 8, ligne 2; figure 1	1,2
A	WO 03/029808 A (SOCOMATE INTERNAT ;COPERET PHILIPPE (FR)) 10 avril 2003 (2003-04-10) le document en entier	1
A	US 4 817 434 A (ANDERSON FORREST) 4 avril 1989 (1989-04-04) le document en entier	1

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

16 août 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/08/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mercier, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demar internationale No

PCT/ID2004/001890

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0872742	A	21-10-1998	FR 2762392 A1	23-10-1998
			CA 2234465 A1	18-10-1998
			CN 1199862 A	25-11-1998
			DE 69801181 D1	30-08-2001
			DE 69801181 T2	14-03-2002
			EP 0872742 A1	21-10-1998
			ES 2161019 T3	16-11-2001
			JP 10332648 A	18-12-1998
			US 6028547 A	22-02-2000
			EP 0825453	A
AT 203833 T	15-08-2001			
CA 2211419 A1	14-02-1998			
CN 1176386 A	18-03-1998			
DE 69705900 D1	06-09-2001			
DE 69705900 T2	04-04-2002			
EP 0825453 A1	25-02-1998			
ES 2162213 T3	16-12-2001			
JP 10123109 A	15-05-1998			
RU 2178880 C2	27-01-2002			
US 6023660 A	08-02-2000			
WO 03029808	A	10-04-2003		
			EP 1430299 A1	23-06-2004
			WO 03029808 A1	10-04-2003
US 4817434	A	04-04-1989	US 4688430 A	25-08-1987